

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra výrobních strojů a konstruování

Ideový návrh dvouhlavňové brokovnice  
Preliminary Design of Break-open Over & under Rifle

Student:

Libor Kejval

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Ing. Miloslav Fišer, CSc.

Ostrava 2012

Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce prof. Ing. Miloslavu Fišerovi, CSc. za jeho návrhy, připomínky a vedení při zpracování této práce.

## Zadání bakalářské práce

Student:

**Libor Kejval**

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2302R010 Konstrukce strojů a zařízení

Specializace:

50 Lovecké, sportovní a obranné zbraně a střelivo

Téma:

**Ideový návrh dvouhlavňové brokovnice**  
**Preliminary Design of Break-open Over & under Rifle**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte přehled zlamovacích brokovnic se zaměřením především na kozlice, používané ráže a vyměnitelná zadržení.
2. Zpracujte výpočet potřebných vnitrobalistických veličin pro ráži 12x70, zejména průběh tlaku v závislosti na dráze střely a výpočet impulsu síly na dno nábojnice.
3. Navrhněte hlavňe pro zadaný náboj s ohledem na konstrukci zadržení použitého ke střelbě ocelovými broky. Pevnostní výpočet hlavní doložit pevnostním grafem, materiál 15230.7.
4. Navrhněte závěrový systém s pevnostní kontrolou závěrového uzlu a konstrukcí ovládacího mechanismu. Zpracujte základní výpočet bicího a spoušťového mechanismu.
5. Návrh doložte ideovým výkresem sestavení v potřebných pohledech a řezech s funkčním popisem a detailním výkresem hlavňe.
6. Popište a zhodnoťte navrženou zbraň a její použití.

Seznam doporučené odborné literatury:

- ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
- ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.
- FIŠER, M., PROCHÁZKA, S. *Projektování loveckých, sportovních a obranných zbraní*. [Skriptum]. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, FS, 2007. 142 s. ISBN 978-80-248-1430-8
- FIŠER, M. *Konstrukce LSOZ*, [Skriptum] Ostrava, VŠB - TU Ostrava, 2006. 144s. ISBN 80-248-1021-2
- MACKO, M., *Teorie a výpočty LSOZ*. [Skriptum]. VŠB Ostrava, 2006.
- FIŠER, M., BALLA, J. *Malorážové zbraně*. [Učebnice]. Univerzita obrany, Brno 2004. 400s. ISBN 80-85960-79-6
- Práce studentů VŠB - TU Ostrava a UO podle doporučení vedoucího.
- Internetové portály výrobců.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Miloslav Fišer, CSc.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012



*Kovář*

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář  
vedoucí katedry

*Farana*

prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou (bakalářskou) práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové (bakalářské) práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

.....  
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo –bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :.....

.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Libor Kejval

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Spáleniště 55

518 01, Dobruška

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

KEJVAL, L. *Ideový návrh dvouhlavňové brokovnice : bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2012, 48s. Vedoucí práce: Fišer, M.

Bakalářská práce se zabývá postupem ideového návrhu zlamovací dvouhlavňové brokovnice - kozlice. V úvodu je zařazeno zhrubé seznámení s problematikou střeliva a zadržení pro brokovnice, následuje přehled nejčastěji používaných brokovnic s jejich základními parametry. Na základě srovnání těchto parametrů je navržena nová zbraň, odpovídající univerzálnímu použití pro lov i sportovní střelbu. V návrhu je obsažen výpočet vnitrobalistických veličin pro zadaný náboj, konstrukční návrh hlavní, závěrového uzlu, ideový návrh bicího a spošťového mechanismu, návrh pažby a pojednání o možnostech zadržení hlavní. Z návrhu vychází ideový výkres sestavy a výkres hlavňového svazku, které jsou součástí přílohy.

## **ANOTATION OF BACHELOR THESIS**

KEJVAL, L. *Preliminary Design of Break-open Over & under Rifle : bachelor thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2012, 48p. Thesis head: Fišer, M.

Bachelor thesis is dealing with procedure of preliminary design of double-barelled shotgun – over & under type. There is basic introduction to ammunition and choke issues at the beginning, followed by most used shotguns summary with basic technical parameters. A new gun suitable for hunting and even sport shooting is designed by comparing of these parameters. Design contains of internal ballistic values calculation, barrels design, breech node design, firing mechanism preliminary design, design of stock and choke options analysis. The result of design is preliminary assembly drawing and drawing of barrels bundle, which are part of annex.

## Obsah

1. Úvod.....	5
2. Střelivo pro brokovnice.....	5
2.1. Historie výroby broků .....	5
2.2. Složení brokového náboje .....	5
2.3. Označení ráže brokovnic.....	6
2.4. Základní rozměrové řady .....	6
2.5. Materiály pro výrobu brokového střeliva.....	7
3. Zahrnutí .....	8
3.1. Princip .....	8
3.2. Rozdělení .....	8
3.3. Krytí .....	9
4. Typologické rozdělení brokovnic .....	11
5. Přehled soudobých brokovnic .....	13
6. Ideový návrh zlamovací kozlice.....	26
6.1. Celková koncepce zbraně.....	26
6.2. Návrh hlavní.....	26
6.3. Návrh uzamčení závěru.....	37
6.4. Návrh pažby .....	40
6.5. Návrh funkčního mechanismu .....	42
6.6. Zahrnutí .....	43
7. Závěr .....	45
8. Použité zdroje.....	46

## Seznam příloh

Příloha A – Ideový výkres sestavy

Příloha B – Výkres hlavní



## 1. Úvod

Brokovnice tvoří skupinu palných zbraní střílejících převážně hromadnou (brokovou) střelou. U většiny z těchto zbraní je také možné použít jednotný náboj pro brokovnice, případně některá nekonvenční střeliva jako neletální pryžové střely apod. Až na několik výjimek (např. revolvery Taurus Judge v ráži .410 Gauge) jsou to zbraně dlouhé, zpravidla s hladkým válcovým vývrtem, který může být na konci opatřen mírným zúžením, tzv. zahrdlením. Použití hromadné střely je velmi výhodné při rychlé instinktivní střelbě na drobné cíle. Prozatím nejstarším uvažovaným záznamem o použití hromadné střely je německá rytina z r. 1545. První ruční zbraně s možností použití hromadné střely se nazývaly arkebuzy (arkabuz), jedny z prvních ručních palných zbraní. V historii lze také nalézt zbraně s velkým průměrem vývrtnu a rozšířenou hlavní na ústí - trombóny (tromblon, fr. musqueton, angl. blunderbuss), jež jsou datovány od r. 1566 až do 19. století. V literatuře [8] se uvádí vznik první brokovnice dnešního typu ve Velké Británii v roce 1758, tehdy byla tato zbraň patrně ještě zpředu nabíjená, opatřená křesadlovým zámkem. Dalším mezníkem ve vývoji brokovnic byl v roce 1875 vynález uzamykacího a bicího mechanismu uvnitř baskule, který mají na svědomí opět Britové – Anson a Deeley, po nichž se tento systém nazývá. Dodnes patří tento systém k nejrozšířenějším a tvoří základ pro další systémy jako je např. Blitz nebo Holland & Holland. Existence brokovnic je nejvýznamnější pro lovecké potřeby, kvůli některým svým výhodám se brokovnice dostaly také mezi ozbrojené složky a v průběhu svého vývoje se staly zbraněmi sportovními, přičemž si zvládly vybojovat vlastní sportovní odvětví.

## 2. Střelivo pro brokovnice

### 2.1. Historie výroby broků

První hromadné střely u předovek představovalo sekané olovo. Výroba broků se původně prováděla odléváním a zakulacováním v bubnu, později se v r. 1782 objevil britský vynález výroby broků litím přes síto do vody. Další metodou je lisování z drátu, zejména pro větší a těžší broky, jež prakticky nelze udržet při odlévání z výšky ve tvaru koule. Mezi nejznámější současné výrobce střeliva pro brokovnice patří například Eley, Rotweil, Sellier & Ballot, Hornady, Hull a další.

### 2.2. Složení brokového náboje

Brokové náboje se od kulových principiálně nijak neliší. Hromadný brokový náboj se skládá ze sedmi základních částí, jimiž jsou kování dna nábojnice z mosazi či oceli, plastový nebo papírový plášť, uzavírka, zápalka, plastový kontejner nebo plstěná zátka,

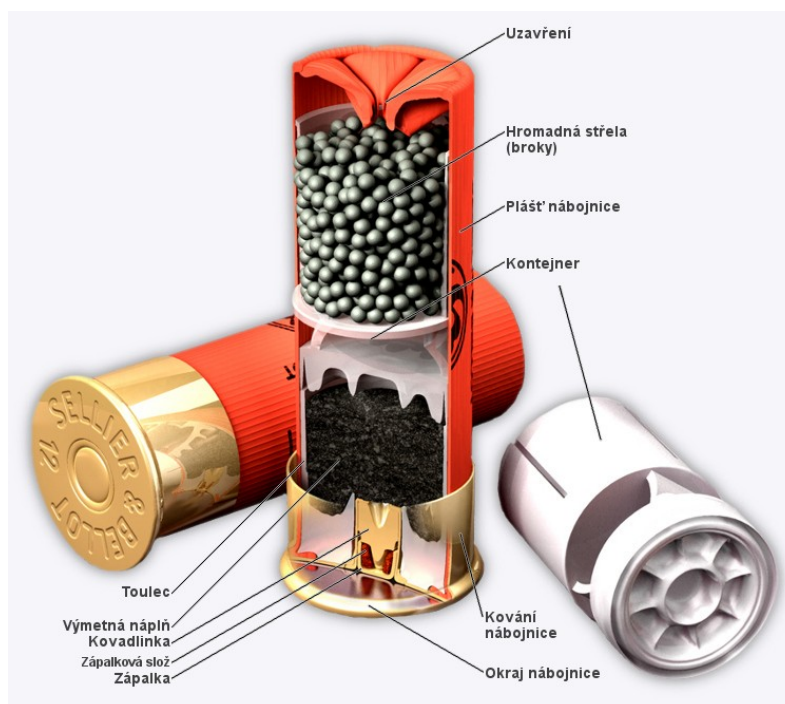
výmětňá náplň, broky nebo jednotná střela. Názorně je stavba brokových nábojů zobrazena na obr.1 a obr.2.

### 2.3. Označení ráže brokovnic

U zbraní kulových vychází označování ráže přímo z průměru vývrtu hlavně, ať již v palcích nebo v milimetrech. U brokovnic je ráže obvykle označena počtem olověných koulí o průměru shodném s průměrem vývrtu, jež lze odlít z jedné anglické libry (1p = 453g) čistého olova. Tedy pokud odlijeme z jedné libry olova dvanáct stejných koulí, které suvně projdou hlavní, bude mít tato hlaveň ráži 12 a její vývrt budemít průměr  $\varnothing d = 18,52\text{mm} = 0,729''$ . Výpočet jmenovitého průměru  $\varnothing d$  pro danou ráži lze provést pomocí vzorce

$$\varnothing d = 2 \times \sqrt[3]{\frac{3m}{4\pi\rho n}} \quad (2.1)$$

, kde  $n$  je ráže brokovnice (počet odlitých kulí) a  $m$  hmotnost jedné libry olova o hustotě  $\rho$ .



Obrázek 1 – Náboj s hromadnou střelou

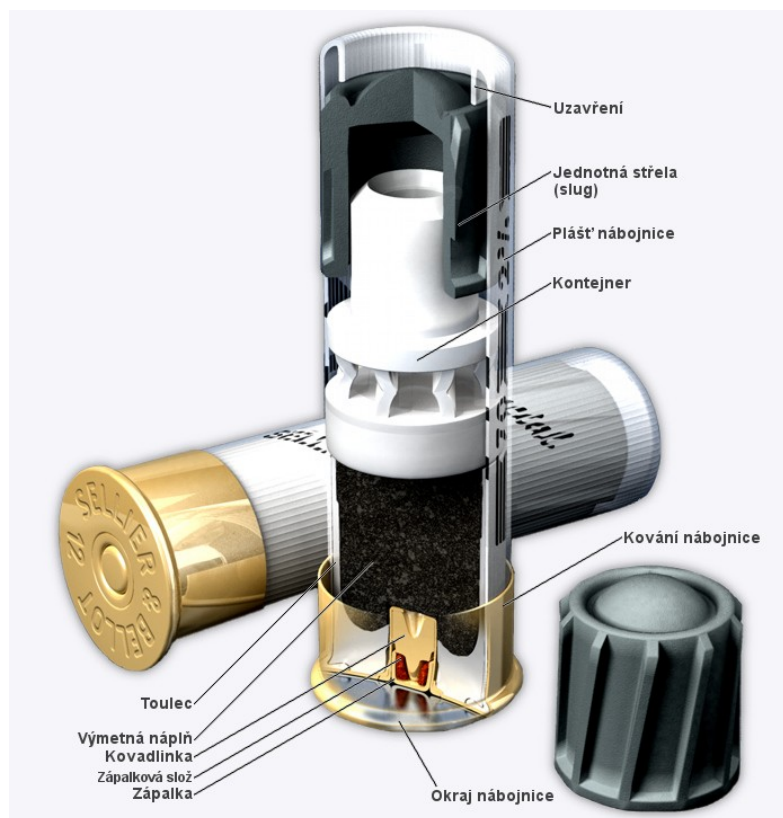
### 2.4. Základní rozměrové řady

Nejčastěji se vyskytují ráže 12, 16, 20, méně často 24, 28, 32 a .410 (poslední uvedená je označena jako průměr v palcích, to platí obecně u ráží menších než 32), v USA

se objevuje ráže 10x89, která je v mnoha Evropských zemích zakázána. Délka otevřené nábojnice pro ráži 12 je 65, 67,5, 70, 76 (Magnum) a 89mm (Super Magnum – výrobce Baschieri & Pellagri), ostatní ráže nejčastěji 65 a 67,5mm. Ve skriptech VŠB [1] jsou mezi brokové zbraně řazeny i tzv. flobertky a také tzv. ptáčnice, vyznačující se brokovým střelivem ráže menší než 28 a větší než 9mm. Existují také speciální náboje s hromadnou brokovou střelou, rozměrově určené do kulových zbraní (např. 9mm Luger), které však mezi střelivo pro brokovnice nepatří. Kromě hromadných brokových střel se pro většinu hlavní a ráží s ohledem na zahrdlení dají použít jednotné střely pro brokovnice, mezi nejznámější patří Slug, Brenneke a u nás do nedávna vyráběný S-Ball.

#### 2.5. Materiály pro výrobu brokového střeliva

Pro výrobu broků jsou dnes běžně používány olovo, ocel, vizmut, cín a zinek. Do 80. let 20.století se broky vyráběly téměř výhradně z olova, ale stále žhavější téma vlivu toxických vlastností olova na životní prostředí donutilo mnoho výrobců střeliva přejít na alternativní materiály. Olověné broky jsou pro lov zcela zakázány např. v USA a v některých zemích západní Evropy. U nás platí od 1.1.2011 zákon zakazující střelbu olověnými broky na vodní ptactvo. Proti olovu mají však ostatní materiály několik nevýhod, zejména pak nižší hmotnost (přibližně o 30%) a u zinkových a vizmutových broků relativně vysokou cenu. Důsledkem nižší hmotnosti broků je nižší dopadová energie projektilů a tedy i nižší účinnost v cíli. Celkově jsou účinky různých typů broků patrné již od vzdálenosti 25 metrů, účinný dostřel se zkracuje zhruba o čtvrtinu. Prakticky se dá tento problém řešit většími broky nebo větší prachovou náplní. Obě tyto možnosti ale mají své nevýhody. Větší průměr broků s sebou nese jejich menší počet a tudíž menší pravděpodobnost zásahu na větší vzdálenosti, což v důsledku opět snižuje předpokládanou účinnost brokových nábojů. Silnější prachová náplň řeší účinek střeliva, ale vyšší tlaky v hlavni mohou u starších či opotřebovanějších zbraní způsobit její poškození a jsou tedy krajně nebezpečné. Je třeba také dbát zvýšené pozornosti ohledně vlastností přechodového kuželu a zahrdlení hlavně. Výhodou ocelových broků je jejich vysoká tvrdost. Broky jsou pak méně náchylné k deformacím a tím zlepšují krytí, avšak mají vyšší tendenci odrážet se. Norma CIP povoluje používání ocelových broků u zbraní s označením STEEL SHOT a to od velikosti broku 3,30mm výš u nábojů 12x70. Pro výkonnější náboje a pro broky větší než 4mm se smí používat zahrdlení menší než 0,5mm.



Obrázek 2 – Náboj s jednotnou střelou

### 3. Zahrdlení

#### 3.1. Princip

Hlavně brokovnic mohou být opatřeny zahrdlením. Zahrdlení je změna průřezu hlavně v délce přibližně 4-10 cm od ústí. Po opuštění hlavně působí na brokový shluk silný odpor vzduchu, který kvůli nekompaktnosti shluku způsobuje jeho rozpínání. Obdobně jako u proudění částic v kapalinách dochází změnou průřezu v zahrdlení k udělení síly jednotlivým brokům směrem kolmým na osu hlavně. To způsobuje smrštění, popřípadě uvolnění brokového shluku a v důsledku toho se mění jeho aerodynamika při překonávání odporu vzduchu vně hlavně a tedy i rychlost rozptylu broků. Mimo to způsobuje zahrdlení zbrždění zátky, která pak nemůže rozptýlit negativně ovlivňovat. Údajně byl prvním průkopníkem zúžení hlavní brokovnic za účelem zmenšení rozptylu čech Dominik Brandejs, jeho návrh se však ve 20. letech 19. století neujal a zahrdlení se později objevilo jako anglický vynález.

#### 3.2. Rozdělení

Zpravidla se jedná o kuželové (klasické zahrdlení) nebo parabolické (náporové zahrdlení) zúžení průměru hlavně s krátkou válcovou částí těsně před ústím, existují však

také zahrdení opačná (zvonové zahrdení - např. u brokovnic Browning označené jako „Backbored“) nebo speciální (dutinové, skeetové zahrdení). Velikost zmenšení průměru hlavně v zahrdení se pohybuje řádově v desetinách milimetru. Pro zahrdení se zúžením průměru větším než 0,5mm se nedoporučuje používat ocelové broky nad průměr 4mm, při zúžení 0,9mm se nedoporučuje používat jednotné olověné střely. Podkaliberní plastové střely mohou být používány i s plným zahrdením. Všechny tyto krajní hodnoty ale nadměrně zatěžují hlaveň.

Přehled základních velikostí zahrdení je uveden v tab.1. V té je uveden také koeficient zúžení  $k$  pro jednotlivá zahrdení. Velikost zúžení  $z$  je dána

$$z = k \times D \quad [\text{mm}] \quad (3.1)$$

kde  $D$  je průměr hlavně v mm.

Velikost zahrdení	I*	I	II	III	IIII	IIIII
Označení	1 1/4	1/1	3/4	1/2	1/4	0
Slovní označení	improved full choke	full choke		half choke	improved cylinder	cylinder
Koeficient zúžení $k$	0,0676	0,054	0,0405	0,027	0,0133	0,00

Tabulka 1 – Přehled velikostí zahrdení

Z konstrukčního hlediska rozlišujeme zahrdení pevná a výměnná. Pevná zahrdení jsou vytvořena při výrobě hlavně, výměnná zahrdení se do hlavně upevňují na závit dovnitř ústí hlavně. Existují také zahrdení s měnitelnou hodnotou zúžení pomocí převlečné matice zvané Polychoke. Po zašroubování do ústí lícuje zpravidla konec zahrdení s ústím hlavně, ale existují také konstrukce vyčnívající několik centimetrů z ústí.

### 3.3. Krytí

Výslednou velikost rozptylu brokového shluku v cíli nazýváme „krytí“ a vyjadřujeme jej v procentech. U loveckých zbraní se krytí určuje střelbou na čtvercový terč o straně 1x1 metr na vzdálenost 35 metrů. Kolem středního bodu zásahu se opíše kružnice o průměru 75cm a počet zásahů uvnitř kružnice ku celkovému počtu broků v náboji vynásobeno stem vyjadřuje velikost krytí. Pohybuje se od 40% u brokovnic bez zahrdení po 90% u brokovnic s plným nebo plným zesíleným zahrdením. V praxi způsobuje

zahrdlení zásah vyšším počtem broků na větší vzdálenost, tedy i lepší účinek v cíli. Silné zahrdlení tedy výrazně zvyšuje účinný dostřel. Oproti tomu brokovnice s malým nebo opačným zahrdlením mají větší rozptyl na malé vzdálenosti a tedy vyšší pravděpodobnost zásahu. Opačné zahrdlení také výrazně zlepšuje stejnoměrnost rozložení zásahů.



Obrázek 3 - Nastavitelné zahrdlení Polychoke



Obrázek 4 – Zahrdlení

#### 4. Typologické rozdělení brokovnic

Brokovnice lze rozdělit podle více hledisek, například

##### **Podle funkčního systému na**

- brokovnice se sklopnými hlavními jedno a vícehlavňové (jednušky, dvojky, kozlice a kulobrokové kombinace hlavní)
- brokovnice s nesklopnými hlavními dvouhlavňové (Darne, Charlin, Breton) a jednohlavňové jednoranové
- opakovací a samonabíjecí
- automatické s rozličnými funkčními mechanismy.

##### **Podle stupně automatizace na**

- jednoranové a opakovací
- částečně automatizované
- samonabíjecí a automatické

Brokovnice se dají také dělit **podle systému uzávěru**, u automatizovaných **podle způsobu funkčního mechanismu**. Jako nejvhodnější se jeví rozdělení brokovnic podle způsobu užití.

##### **Podle způsobu užití lze brokovnice rozdělit na**

- **Vojenské a policejní**
- **Lovecké a sportovní**

V této práci se budu nadále zabývat skupinou loveckých a případně sportovních brokovnic.

Světová literatura [8] uvádí rozdělení loveckých brokovnic takto:

##### **Jednohlavňové**

- jednoranové s lůžkovým uzávěrem a sklopnou hlavní (jednušky)
- samonabíjecí s odběrem plynů
- samonabíjecí s využitím zpětného rázu
- opakovací s pohyblivým předpažbím (pump-action)
- opakovací s válcovým otočným závěrem



## **Dvojhlavňové**

- dvojky
- kozlice

**Kombinované** (zbraně s jednou nebo více brokovými hlavněmi a s jednou nebo více kulovými hlavněmi)

- obojetnice (jedna kulová a jedna broková hlaveň vedle sebe)
- kulobroková kozlice (jedna kulová a jedna broková hlaveň nad sebou)
- troják (jedna hlaveň broková a dvě kulové nebo naopak)
- čtyřče (zpravidla dvě brokové a dvě kulové hlavně)



Obrázek 5 - Čtyřče firmy Ferlach



## 5. Přehled soudobých brokovnic

Jelikož existuje nepřehledný počet výrobců a technických řešení, zaměřil jsem se v přehledu pouze na brokové zbraně s lůžkovým uzávěrem a na několik technologicky zajímavých typů, konkrétně Darne a Breton. Vzhledem k tomu, že brokovnice pro lovecké a sportovní účely se velmi těsně prolínají, tedy že zbraně určené pro lov se často používají na soutěžích a naopak zbraně sportovní se mnohdy používají k lovu, nebral jsem ohled na rozdíly v jejich určení. Několik vybraných typů jsem uvedl do následujícího stručného přehledu. Přehled je řazen abecedně podle výrobců. Jednotlivé brokovnice jsem vybíral na základě odpovědí na dotaz na používané typy na internetovém fóru, vlastního výběru z katalogů, nejčastěji zmiňovaných typů v internetových článcích a výběrem z literatury.

<b>Značka:</b>	Baikal
<b>Model:</b>	IŽH-18EM Sporting
<b>Uspořádání:</b>	Jednuška
<b>Délka hlavní:</b>	675/725 mm
<b>Ráže:</b>	12/20/28/32/.410
<b>Délka komory:</b>	70/76
<b>Uzamčení:</b>	Klínem
<b>Zahrdlení:</b>	Výměnná sada
<b>Podání nábojnice:</b>	Vytahovač/Vyhazovač
<b>Pojistka:</b>	Na lučíku spouště
<b>Pažba:</b>	Bříza/Buk/Ořech – Rukojeť pistolová/Monte Carlo
<b>Celková délka:</b>	1090/1140 mm
<b>Celková hmotnost:</b>	2,6-3,2 kg
<b>Poznámka:</b>	Tato zbraň má zajímavou funkci přepínání vytahovače/vyhazovače pomocí přepínače na spodní straně baskule před spoušťovým mechanismem
<b>Obrázek:</b>	



<b>Značka:</b>	Baikal
<b>Model:</b>	IŽ-27M
<b>Uspořádání:</b>	Kozlice
<b>Délka hlavní:</b>	725 mm
<b>Ráže:</b>	12/16/20
<b>Délka komory:</b>	70/76
<b>Uzamčení:</b>	Klínem
<b>Zahrdlení:</b>	Pevné/Výměnná sada
<b>Podání nábojnice:</b>	Vytahovač
<b>Pojistka:</b>	Na hřbetě rukojeti/pádová pojistka
<b>Pažba:</b>	Ořech – Rukojeť pistolová
<b>Celková délka:</b>	1150 mm
<b>Celková hmotnost:</b>	3,4 kg
<b>Poznámka:</b>	Díky své jednoduchosti a spolehlivosti se jedná o jednu z nejrozšířenějších kozlic

**Obrázek:**



<b>Značka:</b>	Baikal
<b>Model:</b>	IŽ-43
<b>Uspořádání:</b>	Dvojka
<b>Délka hlavní:</b>	650/725 mm
<b>Ráže:</b>	12/16/20
<b>Délka komory:</b>	70
<b>Uzamčení:</b>	Hlavňové háky
<b>Zahrdlení:</b>	Pevné
<b>Podání nábojnice:</b>	Vytahovač
<b>Pojistka:</b>	Na hřbetě rukojeti
<b>Pažba:</b>	Bříza/Buk/Ořech – Rukojeť pistolová
<b>Celková délka:</b>	1100/1175 mm
<b>Celková hmotnost:</b>	3,2 kg
<b>Poznámka:</b>	Vyrábí se také ve verzi s externími kohouty sloužícími jako natahovací páky pro bicí mechanismus. Tato verze připomínající provedení Lancaster existuje v ráži 12 pod označením IŽ 43K-Coach.

**Obrázek:**



<b>Značka:</b>	Beretta
<b>Model:</b>	S686 Ultralight
<b>Uspořádání:</b>	Kozlice
<b>Délka hlavní:</b>	675/710 mm
<b>Ráže:</b>	12
<b>Délka komory:</b>	70
<b>Uzamčení:</b>	Podélné kuželové čepy
<b>Zahrdlení:</b>	Výměnná sada Mobil-Choke
<b>Podání nábojnice:</b>	Vyhazovač
<b>Pojistka:</b>	Na hřbetě rukojeti
<b>Pažba:</b>	Ořech – Rukojeť pistolová
<b>Celková délka:</b>	1120/1160 mm
<b>Celková hmotnost:</b>	2,6-2,7 kg
<b>Poznámka:</b>	
<b>Obrázek:</b>	



<b>Značka:</b>	Breton Gaucher
<b>Model:</b>	Baby
<b>Uspořádání:</b>	Kozlice
<b>Délka hlavní:</b>	710 mm
<b>Ráže:</b>	12
<b>Délka komory:</b>	70
<b>Uzamčení:</b>	Breton
<b>Zahrdlení:</b>	Pevné
<b>Podání nábojnice:</b>	Vytahovač
<b>Pojistka:</b>	
<b>Pažba:</b>	Ořech – Rukojeť pistolová
<b>Celková délka:</b>	1080 mm
<b>Celková hmotnost:</b>	2,2 kg
<b>Poznámka:</b>	Přestože se nejedná o zbraň s lůžkovým závěrem, stojí díky své unikátní konstrukci za zmínku v této práci.
<b>Obrázek:</b>	



<b>Značka:</b>	Browning
<b>Model:</b>	Cynergy Feather
<b>Uspořádání:</b>	Kozlice
<b>Délka hlavní:</b>	660/710 mm
<b>Ráže:</b>	12/20/28/.410
<b>Délka komory:</b>	70/76
<b>Uzamčení:</b>	
<b>Zahrdlení:</b>	Invector
<b>Podání nábojnice:</b>	Vyhazovač
<b>Pojistka:</b>	Na hřbetě rukojeti/přepínač hlavní
<b>Pažba:</b>	Ořech – Rukojeť pistolová
<b>Celková délka:</b>	1090/1140 mm
<b>Celková hmotnost:</b>	2,5-3,1 kg
<b>Poznámka:</b>	Zbraň disponuje odpruženou botkou uváděnou pod názvem Inflex Technology pro snížení efektu zpětného rázu.

**Obrázek:**



<b>Značka:</b>	ČZ
<b>Model:</b>	581
<b>Uspořádání:</b>	Kozlice
<b>Délka hlavní:</b>	710 mm
<b>Ráže:</b>	12
<b>Délka komory:</b>	70
<b>Uzamčení:</b>	Hlavňové háky/Kersten
<b>Zahrdlení:</b>	Pevné
<b>Podání nábojnice:</b>	Vyhazovač
<b>Pojistka:</b>	Na hřbetě rukojeti/přepínač hlavní/pádová pojistka
<b>Pažba:</b>	Ořech – Rukojeť pistolová
<b>Celková délka:</b>	1150 mm
<b>Celková hmotnost:</b>	3,9 kg
<b>Poznámka:</b>	
<b>Obrázek:</b>	





<b>Značka:</b>	Darne
<b>Model:</b>	R13
<b>Uspořádání:</b>	Dvojka
<b>Délka hlavní:</b>	700 mm
<b>Ráže:</b>	16
<b>Délka komory:</b>	67
<b>Uzamčení:</b>	Darne
<b>Zahrdlení:</b>	Výměnné
<b>Podání nábojnice:</b>	Vytahovač
<b>Pojistka:</b>	Posuvná nad spouští
<b>Pažba:</b>	Ořech – Rukojeť zaoblená pistolová
<b>Celková délka:</b>	1060 mm
<b>Celková hmotnost:</b>	2,7 kg
<b>Poznámka:</b>	Obdobně jako systém Breton, je tento princip zajímavý svým provedením, přestože mezi lůžkové závěry nepatří. Bývá též označován jako systém Charlin

**Obrázek:**



<b>Značka:</b>	Franchi
<b>Model:</b>	Alcione SL.12
<b>Uspořádání:</b>	Kozlice
<b>Délka hlavní:</b>	620/710 mm
<b>Ráže:</b>	12
<b>Délka komory:</b>	70/76
<b>Uzamčení:</b>	Hlavňové háky
<b>Zahrdlení:</b>	Pevné/Franchoke
<b>Podání nábojnice:</b>	Vyhazovač
<b>Pojistka:</b>	Na hřbetě rukojeti/přepínač hlavní
<b>Pažba:</b>	Ořech – Rukojeť pistolová
<b>Celková délka:</b>	1150/1240 mm
<b>Celková hmotnost:</b>	3-3,2 kg
<b>Poznámka:</b>	Model se dodává se sadou výměnných hlavních
<b>Obrázek:</b>	



<b>Značka:</b>	Krieghoff
<b>Model:</b>	Essencia
<b>Uspořádání:</b>	Dvojka
<b>Délka hlavní:</b>	710/760 mm
<b>Ráže:</b>	12/16/20/28/.410
<b>Délka komory:</b>	70/76
<b>Uzamčení:</b>	Purdey
<b>Zahrdlení:</b>	Pevné
<b>Podání nábojnice:</b>	Vyhazovač
<b>Pojistka:</b>	Na hřbetě rukojeti
<b>Pažba:</b>	Ořech – Rukojeť přímá/Zaoblená pistolová
<b>Celková délka:</b>	
<b>Celková hmotnost:</b>	2,8-3,1 kg
<b>Poznámka:</b>	
<b>Obrázek:</b>	



<b>Značka:</b>	Perazzi
<b>Model:</b>	MX10 Olympic
<b>Uspořádání:</b>	Kozlice
<b>Délka hlavní:</b>	700/860 mm
<b>Ráže:</b>	12/20
<b>Délka komory:</b>	70/76
<b>Uzamčení:</b>	Hlavňové háky
<b>Zahrdlení:</b>	Výměnné
<b>Podání nábojnice:</b>	Vyhazovač
<b>Pojistka:</b>	Na hřbetě rukojeti
<b>Pažba:</b>	Ořech – Rukojeť pistolová/Stavitelný hřbet pažby
<b>Celková délka:</b>	1140/1300 mm
<b>Celková hmotnost:</b>	3,1-3,5 kg
<b>Poznámka:</b>	Model se dodává se sadou výměnných hlavních, lišta nad hlavními je stavitelná, hřbet pažby je také nastavitelný

**Obrázek:**



<b>Značka:</b>	ZH
<b>Model:</b>	ZP45
<b>Uspořádání:</b>	Dvojka
<b>Délka hlavní:</b>	700 mm
<b>Ráže:</b>	16
<b>Délka komory:</b>	70
<b>Uzamčení:</b>	Hlavňové háky/Klín/Purdey
<b>Zahrdlení:</b>	Pevné
<b>Podání nábojnice:</b>	Vytahovač
<b>Pojistka:</b>	Na hřbetě rukojeti
<b>Pažba:</b>	Ořech – Německá pažba s lícníci
<b>Celková délka:</b>	1120 mm
<b>Celková hmotnost:</b>	3,1 kg
<b>Poznámka:</b>	
<b>Obrázek:</b>	



## 6. Ideový návrh zlamovací kozlice

### 6.1. Celková koncepce zbraně

Vlastní návrh zbraně a jejích jednotlivých mechanismů bude odvozen z nejčastěji používaných systémů ve zpracovaném přehledu. Ze zadání práce vyplývá, že se bude jednat o brokovou kozlici ráže 12x70 s lůžkovým závěrem. Hlavně budou vyrobeny z materiálu 15230.7. Uzamykací mechanismus bude tvořen dvěma hlavňovými háky v kombinaci se systémem kersten – zdvojeným příčným čepem. Samostatná kapitola bude věnována zahrdlení se zaměřením na možnost střelby ocelovými broky. Pažba bude mít pistolový tvar s lícnicí (německá pažba) a bude jí vyčleněna také vlastní kapitola. Celková délka zbraně by se měla pohybovat v rozmezí 1120÷1210mm, hmotnost přibližně 3,1kg.

### 6.2. Návrh hlavní

#### 6.2.1. Vstupní hodnoty

Pro samotný návrh zbraně je nutné určit průběh tlaku prachových plynů v hlavní během výstřelu a sílu působící na dno nábojnice. Podniková norma České zbrojovky a.s. č. N 0204 určuje postup výpočtu průběhu tlaků v hlavní pomocí Heydenreichovy metody. Přestože je tato metoda poměrně zastaralá a odvozuje hodnotu průběhu pomocí empirických vztahů získaných měřeními, je pro výpočet dostatečně přesná. V této metodě je využito poznatku, že základní charakteristiky odpovídají poměru středního a maximálního tlaku

$$\varepsilon = \frac{\bar{p}}{p_m} \quad (6.1)$$

Podle normy ČSN 39 5020 má nejvyšší povolený tlak jednotlivých spotřebních nábojů 12/70 hodnotu  $p_K = 850 \text{ [bar]} \cong 85 \text{ [MPa]}$  (měřeno metodou piezzo) nebo  $p_K = 747 \text{ [bar]} \cong 74,7 \text{ [MPa]}$  (měřeno metodou crusher), případně můžeme jeho hodnotu vyhledat v prospektech výrobce střeliva. Střední tlak je v této metodě definován vztahem

$$\bar{p} = \frac{(m_q + 0,5 \cdot \omega) \cdot v_u^2}{2 \cdot s \cdot l_{\bar{u}}} \quad (6.2)$$

Je tedy třeba znát

- hmotnost hromadné střely -  $m_q$
- hmotnost prachové náplně -  $\omega$
- ústňovou rychlost -  $v_u$
- příčný průřez vývrtu hlavně –  $s$

- celkovou délkou hlavně -  $l_u$
- maximální tlak spotřebního náboje  $p_{SNMAX}$

Jelikož je získání všech potřebných údajů z internetu nebo katalogů poměrně obtížné, pokusil jsem se je získat laboratorně. Rozebral a zvážil jsem náboj GB 12/70 Mini Magnum, o kterém jsem zjistil z internetových stránek prodejce [7] rychlost  $v_1$  a tlak  $p_{SNMAX}$ . Vážením a měřením jsem zjistil polohu dna plastového kontejneru a určil hmotnosti uvedené v tab.2. Vzhledem k možnostem použitých přístrojů jsou změřené hodnoty poněkud méně přesné, ale pro určení průběhu tlaku postačí.

### Vážení náboje GB 12/70 Mini Magnum\*

vážení [g]	1	2	3	modus
celková váha	54	54	54	54
broková náplň	41	40	40	40
plastový kontejner	2	3	3	3
střela (broky + kontejner)	43	43	43	43
prachová náplň	2	2	2	2
patrona se zápalkou	9	9	8	9

\*na kuchyňské váze SilverCrest

SKW 3 EDS A1

rozsah 0÷5000g±1

S./N.: 104635

Tabulka 2 - Naměřené hodnoty náboje GB 12/70 Mini Magnum



Obrázek 6 - Vážení nábojů

Výrobce udávající maximální tlak a počáteční rychlost náboje GB 12/70 Mini Magnum je

$$p_{MAX} = 70 \text{ MPa}$$

$$v_1 = 390 \text{ m/s}$$

a z měření vyplynuly následující hodnoty

$$m_q = 43 \text{ g}$$

$$\omega = 2 \text{ g}$$

Hodnoty  $l_u$  a  $s$  vychází z návrhu hlavně. Podle literatury [1 – Fišer: Konstrukce hlavní malorážových zbraní] je délka hlavnových svazků, tedy i hlavnových svazků u kozlic, optimalizována s ohledem na jejich použití. Pro ráži 12 uvádí délky pro různá použití mezi 660 a 760 mm. Velikost průřezu hlavně je podle [4] dána vztahem

$$s = k_s \cdot d^2 \quad (6.3)$$

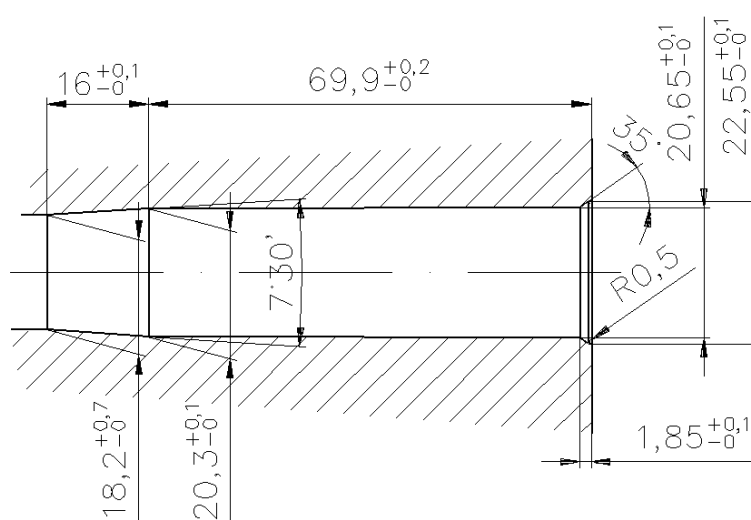
kde hodnota průměru vývrtnu je dána normou ČSN 39 5020 a koeficient  $k_s$  je pro hlavně s hladkým vývrtem dán jednoduchým výpočtem obsahu plochy kruhu

$$k_s = \frac{\pi}{4} \quad (6.4)$$



$$s = 400\text{mm}^2$$

Zde se dostáváme k prvotnímu návrhu hlavní. Ten se odvíjí od rozměrů nábojové komory, které jsou dány normou ČSN 39 5020. Hodnota úhlu přechodového kužele je v normě uvedena jako maximální přípustná, podle [1] je osvědčená hodnota  $7^\circ 30'$ . Rozměry komory jsou patrné z obr. 7.

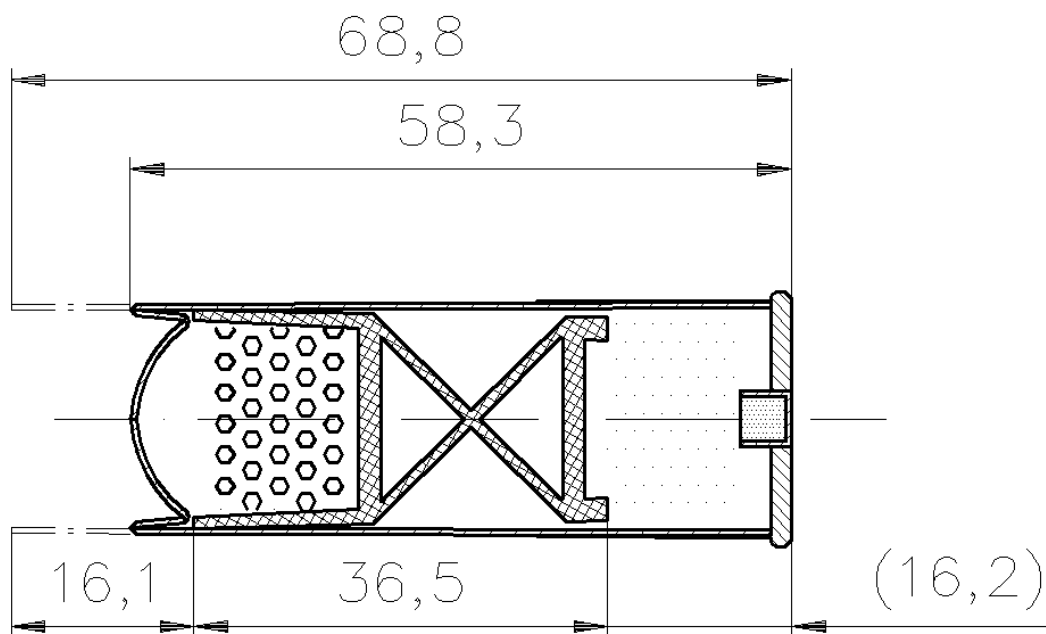


Obrázek 7 - Nábojová komora 12x70

Minimální tloušťky stěn hlavní jsou uvedeny v příloze A podnikové normy České zbrojovky č. N 0204. Hodnota tloušťky u ústí hlavně 0,45mm se mi však jeví jako velmi malá, kvůli odolnosti proti vnějším vlivům, které mohou být, vzhledem k charakteru použití zbraně, značné. Proto jsem ponechal tloušťku stěny vodící části hlavně 1,9mm. Navrženou hlavň prověříme pevnostním výpočtem v polovině přechodového kužele nábojové komory, v místě maximálního tlaku, v libovolném místě vodící části a v polovině přechodového kužele zahrnutí. Délku hlavně jsem zvolil nejvyšší možnou z doporučených, aby mohlo v hlavní docházet k úplnému vyhoření prachové náplně a brokový shluk byl na ústí co nejméně ovlivňován vytékajícími plyny.

$$l_{celk} = 0,76\text{m}$$

Jelikož se ale jedná o celkovou délku hlavně od zadního čela nábojové komory až k ústí, je třeba upravit hodnotu tak, abychom znali dráhu střely v hlavní. Norma hloubku dna střely v náboji neuvádí a ani výrobce se konstrukčními rozměry příliš nechlubí, proto jsem použil opět naměřené hodnoty z rozebraného náboje. Náčrtek základních rozměrů náboje je na obr.8.



Obrázek 8 - Poloha dna střely

Vzdálenost dna střely je po zaokrouhlení 16mm od zadního čela nábojové komory. Celková dráha střely v hlavni je tedy

$$l_{\dot{u}} = l_{celk} - 0,016$$

$$l_{\dot{u}} \doteq \mathbf{0,744m}$$

Nyní tedy známe všechny hodnoty potřebné k výpočtu středního tlaku

$$\bar{p} = \frac{(0,043 + 0,5 \cdot 0,002) \cdot 390^2}{2 \cdot 0,000254 \cdot 0,744}$$

$$\bar{p} = \mathbf{17,71MPa}$$

#### 6.2.2. Průběh tlaků v hlavni

Vstupní hodnoty pro výpočet průběhu tlaku podle Heydenreichovy metody jsme získali, můžeme tedy pokračovat ve výpočtu. Vztahy odvozené v Heydenreichově metodě se odvíjejí od hodnot funkcí  $F_i(\varepsilon)$  a  $F_i(\lambda)$ . Pro názornost je tabulka hodnot jednotlivých funkcí zobrazena na obr.9.

Heydenreichovy součinitele						Heydenreichovy součinitele			
$\varepsilon$	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	$F_5$	$\lambda$	$F_6$	$F_7$	$F_8$
0,25	0,0313	0,139	0,324	0,216	0,725	0,25	0,741	0,392	0,610
0,26	0,0330	0,146	0,326	0,220	0,732	0,50	0,912	0,635	0,780
0,27	0,0347	0,152	0,327	0,226	0,740	0,75	0,980	0,834	0,903
0,28	0,0365	0,159	0,329	0,231	0,747	1,00	1,000	1,000	1,000
0,29	0,0383	0,165	0,331	0,237	0,755	1,25	0,989	1,130	1,081
						1,50	0,965	1,262	1,154
0,30	0,0402	0,172	0,333	0,242	0,762	1,75	0,932	1,366	1,219
0,31	0,0421	0,178	0,335	0,250	0,770				
0,32	0,0440	0,186	0,337	0,256	0,777	2,00	0,898	1,468	1,282
0,33	0,0460	0,193	0,339	0,263	0,785	2,50	0,823	1,632	1,394
0,34	0,0480	0,200	0,341	0,269	0,792	3,00	0,747	1,763	1,495
0,35	0,0500	0,207	0,343	0,278	0,800	3,50	0,675	1,875	1,589
0,36	0,0521	0,214	0,345	0,282	0,807	4,00	0,604	1,983	1,682
0,37	0,0542	0,222	0,347	0,288	0,814	4,50	0,546	2,068	1,769
0,38	0,0563	0,229	0,350	0,294	0,822				
0,39	0,0585	0,237	0,351	0,300	0,829	5,00	0,495	2,140	1,851
						6,00	0,403	2,269	2,012
0,40	0,0608	0,244	0,354	0,304	0,836	7,00	0,338	2,363	2,163
0,41	0,0631	0,252	0,356	0,313	0,844	8,00	0,284	2,445	2,309
0,42	0,0654	0,260	0,359	0,319	0,851	9,00	0,248	2,509	2,451
0,43	0,0678	0,268	0,361	0,325	0,858				
0,44	0,0703	0,276	0,364	0,332	0,866	10,00	0,220	2,566	2,589
0,45	0,0729	0,284	0,366	0,340	0,873	11,00	0,199	2,615	2,725
0,46	0,0756	0,292	0,369	0,346	0,880	12,00	0,181	2,659	2,858
0,47	0,0784	0,301	0,371	0,354	0,888	13,00	0,164	2,702	2,988
0,48	0,0813	0,309	0,374	0,363	0,895	14,00	0,150	2,740	3,116
0,49	0,0843	0,318	0,377	0,372	0,902				
						15,00	0,137	2,777	3,253
0,50	0,0875	0,326	0,380	0,382	0,910	16,00	0,125	2,811	3,390
0,51	0,0908	0,335	0,383	0,394	0,918	17,00	0,117	2,837	3,502
0,52	0,0944	0,343	0,386	0,407	0,926	18,00	0,109	2,862	3,618
0,53	0,0981	0,352	0,390	0,421	0,934	19,00	0,102	2,887	3,740
0,54	0,1020	0,361	0,393	0,437	0,942				
0,55	0,1061	0,370	0,396	0,454	0,950	20,00	0,096	2,910	3,816
0,56	0,1099	0,379	0,399	0,470	0,958	25,00	0,073	3,003	4,455
0,57	0,1141	0,388	0,403	0,487	0,966	30,00	0,058	3,075	5,031
0,58	0,1185	0,397	0,406	0,505	0,974	35,00	0,048	3,162	5,657
0,59	0,1230	0,406	0,409	0,524	0,983	40,00	0,041	3,223	6,261

Obrázek 9 - Tabulka Heydenreichových součinitelů

Z Heydenreichových vztahů použijeme výpočet vzdálenosti místa maximálního tlaku ode dna střely

$$l_m = l_u \cdot F_1(\varepsilon) \quad (6.6)$$

Spočítáme hodnotu  $\varepsilon$

$$\varepsilon = \frac{17,71}{70}$$

$$\varepsilon = 0,25$$

Dosadíme do výpočtu vzdálenosti místa maximálního tlaku

$$l_m = 0,744 \cdot 0,0313$$

$$l_m = 0,023$$

Hodnotu  $l_m$  budeme potřebovat pro výpočet velikosti tlaku v kontrolovaných místech hlavně. Tlak určíme ze vztahu

$$p(l) = p_m \cdot F_6(\lambda) \quad (6.8)$$

kde je délkový součinitel dán poměrem okamžité dráhy střely v hlavni ku celkové dráze střely v hlavni

$$\lambda = \frac{l}{l_m} \quad (6.9)$$

Potřebujeme znát velikost tlaku přinejmenším ve čtyřech výše popsaných kontrolních bodech, takže dostaneme ke každému z těchto bodů jednu hodnotu. Hodnoty jsou odlišeny indexem, v němž je vyjádřena vzdálenost ode dna střely v mm.

$$\lambda_{62} = \frac{l}{l_m}$$

$$\lambda_{62} = \frac{0,062}{0,023}$$

$$\lambda_{62} = 2,7$$

pak

$$p(l_{62}) = p_m \cdot F_6(\lambda_{62})$$

$$p(l_{62}) = 70 \cdot 0,77$$

$$p(l_{62}) = 53,9 MPa$$

Pro další kontrolní body vyjma hodnot  $p_m$  a  $l_m$ , které již známe, jsou výsledky

$$\lambda_{400} = 17,4$$

$$p(l_{400}) = 8,05 MPa$$

$$\lambda_{699} = 30,4$$

$$p(l_{699}) = 4,13 MPa$$

Vypočtené hodnoty vyneseme do grafu a spojíme křivkou. Dostáváme tak graf průběhu tlaku spotřebního náboje  $p_{SN}$ . Pro zpřesnění grafu můžeme vypočítat hodnoty pro další místa na hlavni.

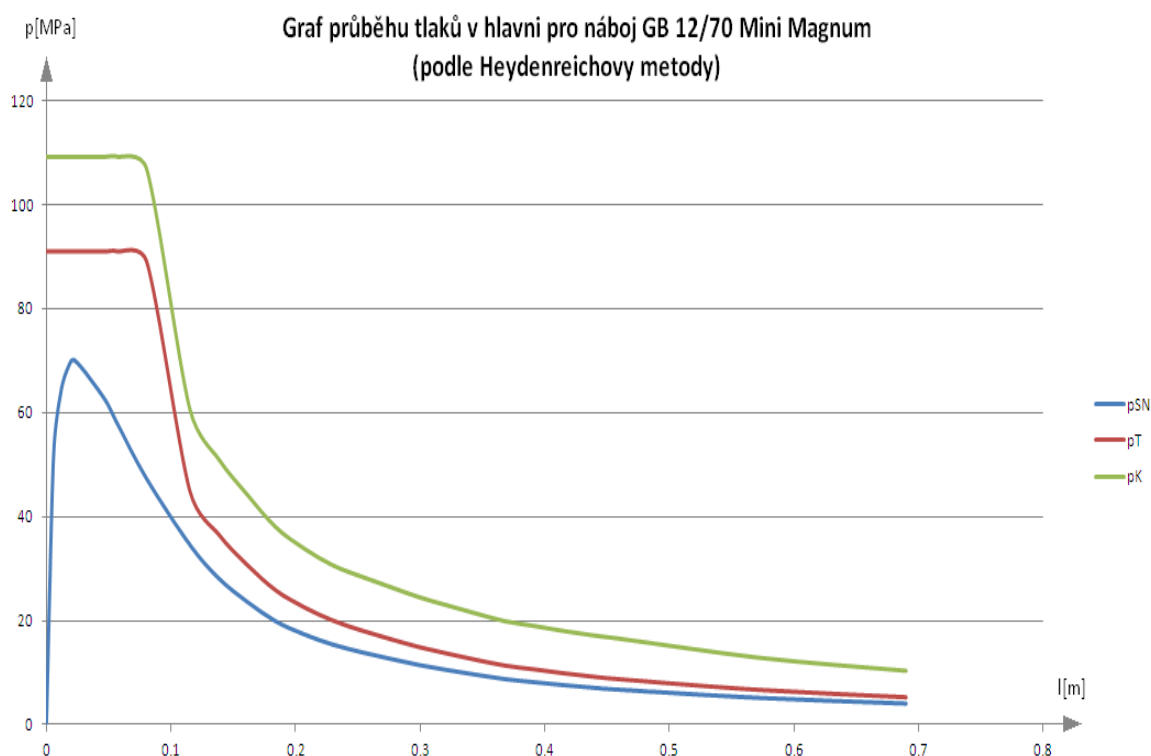
Nyní následuje výpočet tormentačního tlaku.

$$p_T = k_T \cdot p_{SN} \quad (6.10)$$

Hodnota koeficientu  $k_T = 1,3$ . Tormentační tlak je tlak tormentačního náboje používaného pro zkoušení hlavní. V grafu posuneme místo maximálního tlaku  $p_{TMAX}$  o vzdálenost odpovídající přibližně 2-3 průměrům vývrtu směrem k ústí, čímž zajistíme bezpečnost v případě nepřesného určení místa maximálního tlaku, a spojíme vodorovnou úsečkou z bodu maximálního tlaku k nulové délce. Tím získáme graf tormentačního tlaku. Z hodnot vypočteme konstrukční tlak, který taktéž vyneseme

$$p_k = k_B \cdot p_T \quad (6.11)$$

Bezpečnostní koeficient podle skript [3] nabývá hodnot  $1,2 \div 1,4$  pro místo maximálního tlaku a hodnot  $2 \div 3$  na ústí. Pro svůj výpočet jsem zvolil hodnoty 1,2 pro  $p_{MAX}$  a 2 na ústí hlavně. Průběh vypočtených tlaků v závislosti na dráze střely od jejího dna je zobrazen v grafu 1.



**Graf 1 – Průběh tlaků v hlavni**

Po odečtení konstrukčního tlaku z grafu v kontrolních místech dostáváme hodnoty

$$p_{kMAX} = 109,2 \text{ MPa}$$

$$p_{k62} = 109,2 \text{ MPa}$$

$$p_{k400} = 18,5 \text{ MPa}$$

$$p_{k699} = 10,4 \text{ MPa}$$

Pro pozdější výpočet impulsu síly od výstřelu bude třeba také znát celkovou dobu trvání výstřelu. Ta je v Heydenreichově metodě udána vztahem

$$t_{\dot{u}} = 2 \cdot \frac{l_{\dot{u}}}{v_{\dot{u}}} \cdot F_5(\varepsilon) \quad (6.12)$$

$$t_{\dot{u}} = 2 \cdot \frac{0,744}{390} \cdot 0,725(\varepsilon)$$

$$t_{\dot{u}} = 2,77 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

### 6.2.3. Pevnostní výpočet

Podmínkou pevnosti je, že se konstrukční tlak rovná nejvýše mezi kluzu daného materiálu.

$$p_k \leq p_e$$

Hodnoty pevnosti v tahu oceli 15230.7 jsou podle strojnických tabulek [29] následující:

Mez pevnosti  $R_m$ : 980÷1180 Mpa

Mez kluzu  $R_e$  min: 835 Mpa

Hypotéza HMMH používaná pro výpočet hlavní v pružné oblasti udává vzorec pro tlak na mezi kluzu

$$p_E = R_e \cdot \frac{a^2 - 1}{\sqrt{3 \cdot a^4 + 1}} \quad (6.13)$$

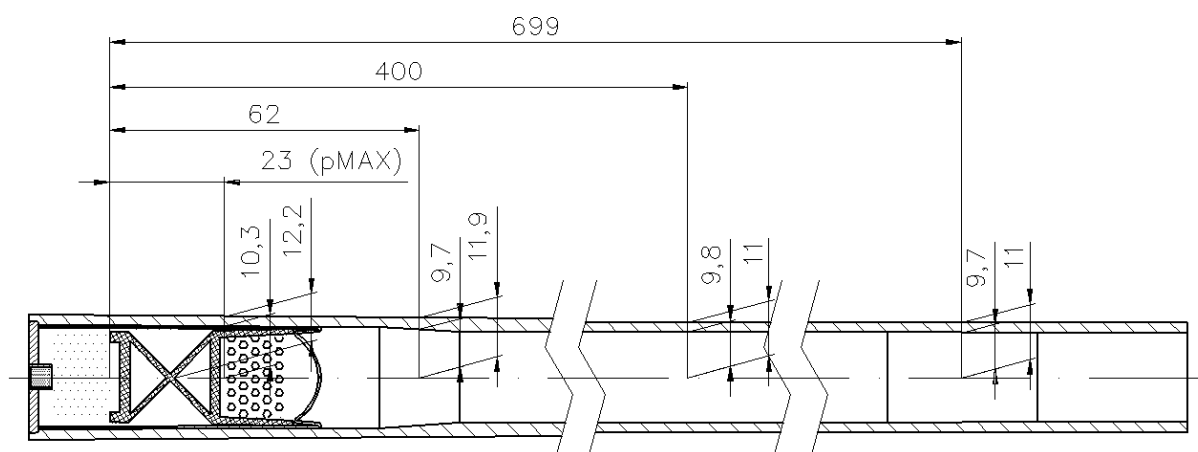
kde hodnota  $a$  je vyjádřena poměrem poloměrů  $r_2/r_1$  ( $r_2$  je větší z poloměrů). Tyto poloměry odečteme z výkresu v kontrolních místech (obr.10), přičemž jsou zahrnuty krajní tolerance směrem k zeslabení hlavně a získáváme:

$$a_{MAX} = 1,18$$

$$a_{62} = 1,23$$

$$a_{400} = 1,12$$

$$a_{699} = 1,13$$



Obrázek 10 - Tloušťka hlavně v kontrolovaných místech

Po dosazení do rovnice získáváme tyto hodnoty dovoleného napětí:

$$p_{EMAX} = 835 \cdot \frac{1,18^2 - 1}{\sqrt{3 \cdot 1,18^4 + 1}}$$

$$p_{EMAX} = 125,5 MPa$$

$$p_{E62} = 835 \cdot \frac{1,23^2 - 1}{\sqrt{3 \cdot 1,23^4 + 1}}$$

$$p_{E62} = 152,7 MPa$$

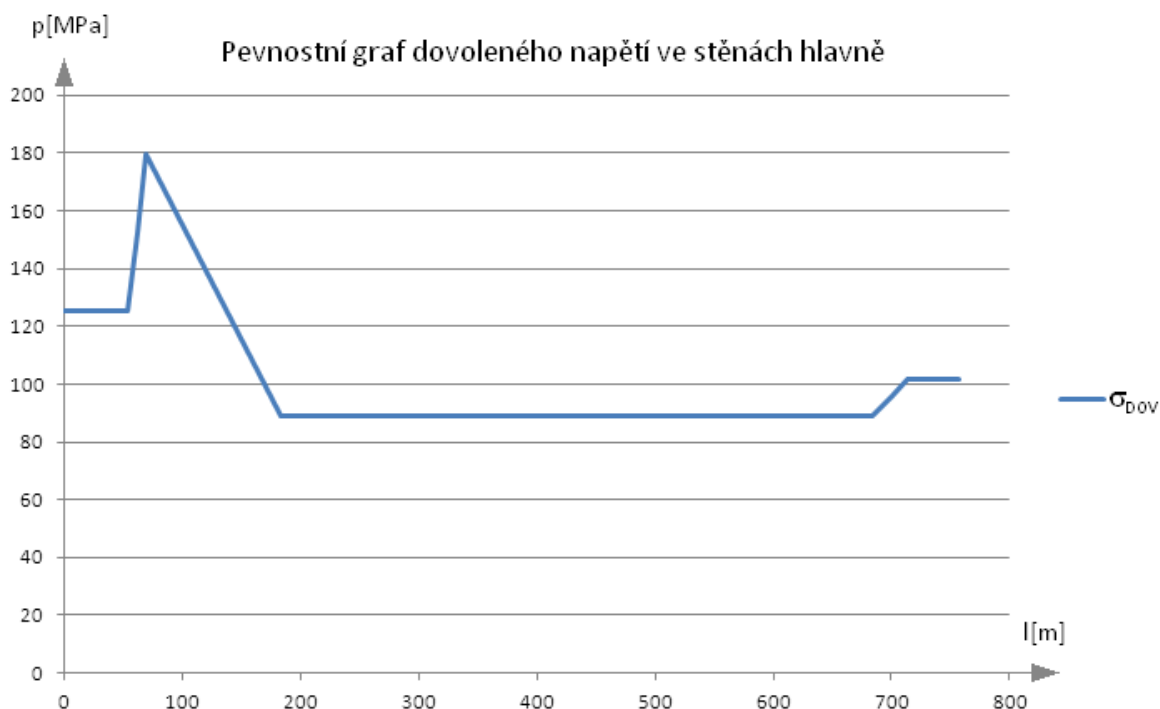
$$p_{E400} = 835 \cdot \frac{1,12^2 - 1}{\sqrt{3 \cdot 1,12^4 + 1}}$$

$$p_{E400} = 88,8 MPa$$

$$p_{E699} = 835 \cdot \frac{1,13^2 - 1}{\sqrt{3 \cdot 1,13^4 + 1}}$$

$$p_{E699} = 95,3 MPa$$

Z výsledků vyplývá, že podmínka pevnosti je splněna. Navržené hlavně jsou dostatečně pevné pro použití daného náboje. Výpočet je doložen pevnostním grafem (graf.2)



Graf 2 – průběh dovoleného napětí

#### 6.2.4. Síla od výstřelu na dno nábojnice

V normě je uveden maximální přípustný tlak spotřebního náboje  $p_{SNMAX}$  jako  $p_K = 850$  [bar] tedy  $p_{SNMAX} = 85$  [MPa]. Z této hodnoty určíme sílu působící na dno nábojnice

$$F_D = s_D \cdot p_{SNMAX} \quad (6.14)$$

$$F_D = 0,0004 \cdot 85000000$$

$$F_D = 34 \text{ kN}$$

#### 6.2.5. Impuls síly od výstřelu

Velikost impulsu síly od výstřelu lze nyní vypočítat s pomocí znalosti celkové doby trvání výstřelu  $t(0; t_c)$ .

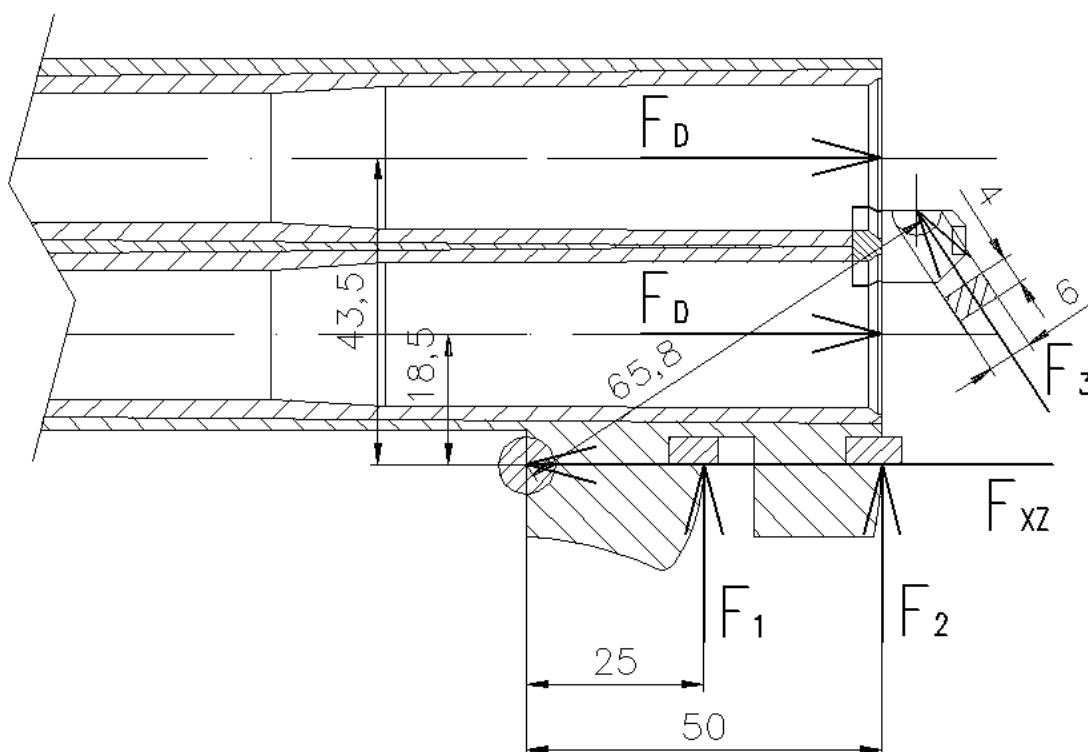
$$I_H = \int_0^{t_c} F_H(t) dt \quad (6.15)$$

$$I_H = 94 \text{ Ns}$$



### 6.3. Návrh uzamčení závěru

Závěr zlamovací brokovnice je zatěžován množstvím sil. Na obr.11 je znázorněno rozložení sil v navrhovaném závěrovém uzlu.



Obrázek 11 - Rozložení sil v závěru

U dvouhlavňových zbraní je nutné počítat s maximálním možným zatížením závěru, které může nastat při dvojbýstřelu. Zde je třeba poznamenat, že toto zatížení nastává pouze v případě volně uložené zbraně. Pokud je zbraň zapřena v rameni střelce, je velikost zrychlení zbraně při výstřelu snížena o sílu zapření zbraně. Protože však výpočet pro volně uloženou zbraň posouvá výsledek dále na bezpečnou stranu výpočtu, nebudeme sílu zapření v rameni zahrnovat. Zrychlení celé zbraně je potom dáno vztahem

$$m_z \cdot x_z = 2 \cdot F_D$$

$$x_z = \frac{2 \cdot F_D}{m_z}$$

Hlavňový čep je zatěžován silou působící axiálně s osami hlavní, jejíž velikost je dána zrychlením hlavní při výstřelu. Zrychlení hlavní je shodné se zrychlením zbraně. Další veličinou ve výpočtu je hmotnost hlavňového svazku, která je přibližně poloviční nežli hmotnost celé zbraně.

$$m_H \cdot x_z = F_{XZ}$$

$$m_H = \frac{m_z}{2}$$

Síla na hlavňový čep je tedy dána

$$F_{XZ} = x_z \cdot \frac{m_z}{2}$$

$$F_{XZ} = \frac{2 \cdot F_D}{m_z} \cdot \frac{m_z}{2}$$

$$F_{XZ} = F_D \quad (6.17)$$

Hlavňový čep bude zatěžován silou

$$F_{XZ} = 34kN$$

Pro převážnou většinu spojovacích a přenosových součástí v sestavě jsem zvolil materiál 14 220.1, jehož mez pružnosti je podle tabulek [29]  $R_e = 590\text{Mpa}$ . Pevnější materiál by pro tyto drobné díly nebyl vhodný, aby nemohlo docházet k otláčování baskule nebo konstrukčních prvků hlavňových svazků. Pro pevnostní výpočet čepu je třeba stanovit dovolené napětí  $\sigma_{DOV}$

$$\sigma_{DOV} = \frac{R_e}{k_B} \quad (6.18)$$

Bezpečnostní koeficient jsem zvolil  $k_B = 1,2$ .

$$\sigma_{DOV} = \frac{590}{1,2}$$

$$\sigma_{DOV} = 490\text{MPa}$$

Je nutné dodržovat pevnostní podmínku

$$\sigma < \sigma_{DOV}$$

$$\frac{F_D}{S_{\xi}} < \sigma_{DOV}$$

V navrženém řešení je velikost zatěžovaného průřezu hlavňového čepu  $80\text{mm}^2$ .

$$\frac{34000}{0,00008} < \sigma_{DOV}$$

Pevnostní podmínka je splněna. Sílu na čep brzdí také třecí síly mezi podélnými klíny a hlavňovými háky, ale vzhledem k jejich velikosti jsou tyto síly prakticky zanedbatelné.

Další veličinou, kterou je nutné prověřit, je klopný moment  $M_K$ , vyvolaný výškou os hlavní nad hlavňovým čepem.

$$M_K = F_D \cdot h_1 + F_D \cdot h_2 \quad (6.19)$$

$$M_K = 34000 \cdot 0,0435 + 34000 \cdot 0,0185$$

$$\mathbf{M_K = 2108Nm}$$

Podmínkou bezpečného uzamčení je převaha momentů sil působících v hlavňových hácích a v příčném čepu nad klopným momentem. Rozmístění sil a velikosti ramen sil jsou opět patrné z obr.11.

$$M_K < F_1 \cdot l_1 + F_2 \cdot l_2 + F_3 \cdot l_3 \quad (6.20)$$

Síly  $F_1$ ,  $F_2$  a  $F_3$  jsou silami, které má daná konstrukce snést. V každém podélném klínu je velikost zatížené plochy  $40\text{mm}^2$ , příčný čep přenáší sílu ve dvou plochách o celkovém průřezu  $48\text{mm}^2$ . Zvolený materiál je opět konstrukční ocel 14 220.1. Velikosti maximálních přenesených sil tedy jsou:

$$F_1 = F_2 = \sigma_{DOV} \cdot S_{1,2}$$

$$F_{1,2} = 490000000 \cdot 0,000040$$

$$\mathbf{F_{1,2} = 19600N}$$

$$F_3 = \sigma_{DOV} \cdot S_3$$

$$F_{1,2} = 490000000 \cdot 0,000048$$

$$\mathbf{F_{1,2} = 235200N}$$

Po dosazení do nerovnosti s klopným momentem

$$M_K < 19600 \cdot 0,025 + 19600 \cdot 0,05 + 23520 \cdot 0,0658$$

$$\mathbf{M_K < 3018}$$

Podmínka pevnosti je splněna, danou konstrukci lze použít.

#### 6.4. Návrh pažby

Jak již bylo uvedeno v kapitole o celkové koncepci zbraně, pažba bude standartního loveckého typu, tzv. německá, tedy s pistolovou rukojetí a s lícnicí. Zvolený materiál je ořešák královský s radiální kresbou, povrchovou úpravou je moření vodovým mořidlem. Tato volba je vhodná pro případné řezbářské práce.

K návrhu rozměrů pažby jsou podle [26] potřebné zejména tři tělesné rozměry, a to:

- délka paže od ohbí lokte po konec ukazováku
- výška oka nad klíční kostí
- šířka hrudi mezi podpaždími

Vzhledem k možnosti vlastního návrhu jsem změřil svoje tělesné parametry, které jsou uvedeny v tabulkách 3 - 5. Hodnoty jsou aritmetickým průměrem ze tří měření. V dalších tabulkách jsou uvedeny hodnoty rozměrů pažby odpovídající dle výše zmíněné literatury [26] naměřeným tělesným proporcím. Výška H a délka D4 byly určeny poměrně k délce D1 podle tabulky uvedené v literatuře [3].

Tělesné parametry pro návrh pažby	
délka paže [cm]	42
výška oka [cm]	20
šířka hrudi [cm]	37

Tabulka 3 - naměřené tělesné hodnoty

Délka pažby od středu spouště [mm]			
k hornímu konci	ke středu	k dolnímu konci	k patce rukojeti
D1	D2	D3	D4
395	390	400	121

Tabulka 4 - odpovídající hodnoty délky

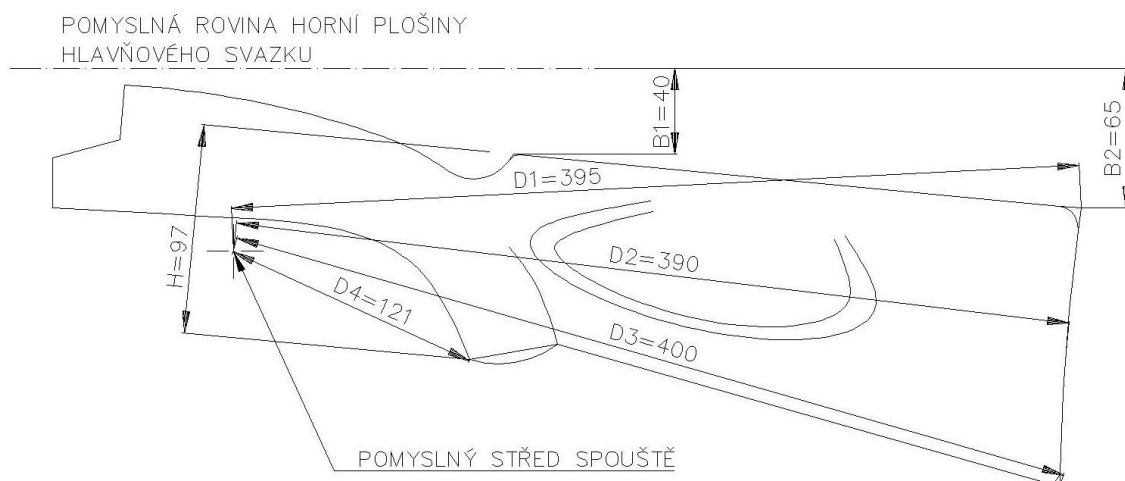
Lomení pažby od prodloužení plošiny [mm]	
k nosu pažby	ke konci hřbetu
B1	B2
40	65

Boční vyhnutí [mm]	
k horní části botky	k dolní části botky
C1	C2
6	8

Výška od patky ke hřbetu [mm]
H
94

Tabulka 5 - další odpovídající rozměry

Rozměry krku vyplývají také z této tabulky, jsou to rozměry pro loveckou brokovnici ráže 12, a to  $d_1=41,5\text{mm}$  a  $d_2=31\text{mm}$ . Na obr.12 jsou zobrazeny hlavní odvozené rozměry pažby. Pažba je k systému připevněna příčným šroubem, jak je vidět ve výkresu sestavy.



Obrázek 12 - Návrh hlavních rozměrů pažby

### 6.5. Návrh funkčního mechanismu

Návrh funkčního mechanismu je zobrazen na výkresu sestavy v příloze. Spoušťový a bicí mechanismus je řešen postranními zámky, jedná se o obdobu systému Holland&Holland. Tvar spouště, spoušťových pák a kladívek je zobrazen také na obr.13 a obr.14, kde je vyneseno i řešení tvaru záchyty. Podle skript [2] je nutno dodržet ve výpočtu podmínku spolehlivé iniciace zápalky, kdy velikost kinetické energie úderníku jeden a půl násobně převyšuje iniciační energii zápalky

$$E_{\dot{u}} \geq 1,5E_i \quad (6.21)$$

Pro vyčíslení výpočtů bicího mechanismu je tedy nutné znát iniciační energii zápalek. Přestože nám tato hodnota není z charakteristiky munice uváděné prodejcem známa, je na místě uvést alespoň základní pohybovou rovnici pro odvození výpočtu rotačního pohybu kladívka. Jedná se o diferenciální rovnici, uváděnou ve skriptech takto

$$I_{kl} \cdot \frac{d\omega}{dt} = F_{bp}(\varphi) - F_o(\varphi, \omega) \quad (6.22)$$

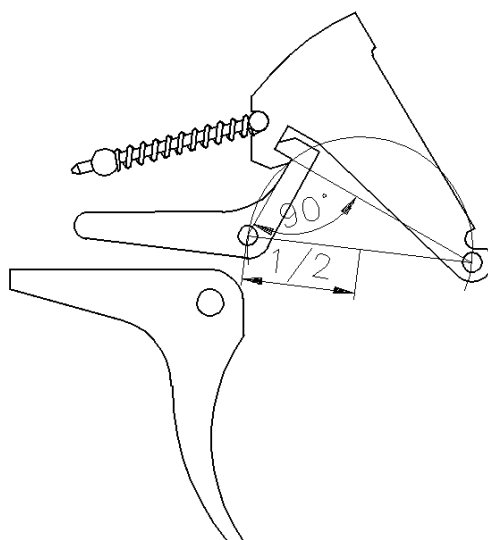
kde  $F_o(\varphi, \omega)$  vyjadřuje odpory proti pohybu kladívka,  $F_{bp}(\varphi)$  je funkce síly bicí pružiny a  $I_{kl}$  vyjadřuje moment setrvačnosti kladívka. Výsledkem je úhlová rychlost  $\omega_k$ . Úlohu lze řešit pomocí diferenciálních počtů nebo numericky. Zde mohou následovat výpočty rychlosti úderníku z poloměru  $r$  nesoucího působíště síly a výpočet kinetické energie úderníku

$$v_{\dot{u}} = \omega_k \cdot r \quad (6.23)$$

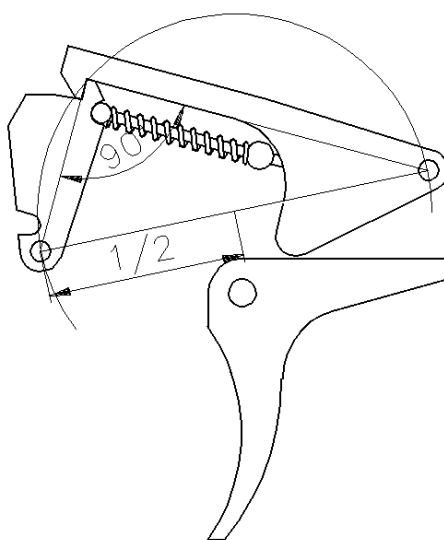
$$E_{\dot{u}} = \frac{1}{2} m_{\dot{u}} \cdot v_{\dot{u}}^2 \quad (6.24)$$

Na základě zákona zachování energie lze při naprostém zanedbání odporových sil pro prvotní návrh zjednodušeně počítat

$$E_{\dot{u}} = \frac{1}{2} I_{kl} \cdot \omega_k^2 \quad (6.25)$$



Obrázek 13 - Zámek levý



Obrázek 14 - Zámek pravý

#### 6.6. Zahrdlení

Poslední součástí tohoto návrhu, na kterou je třeba se důrazněji zaměřit, je zahrdlení. Problematika zahrdlení je velmi rozsáhlá a vydá na samostatnou práci, přesto je třeba uvést zde alespoň několik základních informací.

Vzhledem k požadavku možnosti střelby ocelovými broky bude hodnota zúžení zahrdlení u navrhované zbraně ovlivněna normou C.I.P. Závazný předpis pro použití nábojů s ocelovými broky ve zbraních s hladkým vývrtem stanovený C.I.P. uvádí (podle webových stránek výrobce Sellier&Bellot) pro náboje ráže 12x70 přímo toto, cituji:

“Náboje s ocelovými broky do průměru 3,30 mm včetně, lze používat ve všech zbraních, které byly úředně přezkoušeny, a to bez ohledu na velikost zahrdlení hlavně.

Náboje s ocelovými broky o průměru větším než 3,30 mm nebo s označením „vysokovýkonné“ (Haute Performance, Magnum) je dovoleno používat pouze ve zbraních označených zkušební značkou „STEEL SHOT“ nebo „BILLES D' ACIER“.

Náboje s ocelovými broky o průměrech větších než 4,0 mm je povoleno používat pouze ve zbraních se zahrdlením hlavně menším než 0,5 mm.”

Pro ujasnění je na obr. 15 zobrazena zkušební značka STEEL SHOT.



Obrázek 15 - Zkušební značka zbraní pro střelbu ocelovými broky

Ze zadání není jasné, jakou velikost mají mít používané ocelové broky. Můžeme tedy předpokládat, že je možné použít všechny existující velikosti. Pro tuto variantu nám tedy norma ukládá používat zahrdlení se zúžením menším nežli 0,5mm, tedy u ráže 12 je to zahrdlení s označením velikosti  $\frac{1}{2}$  - poloviční, navíc musí být zbraň prověřena předepsanými zkouškami a opatřena výše uvedenou zkušební značkou.

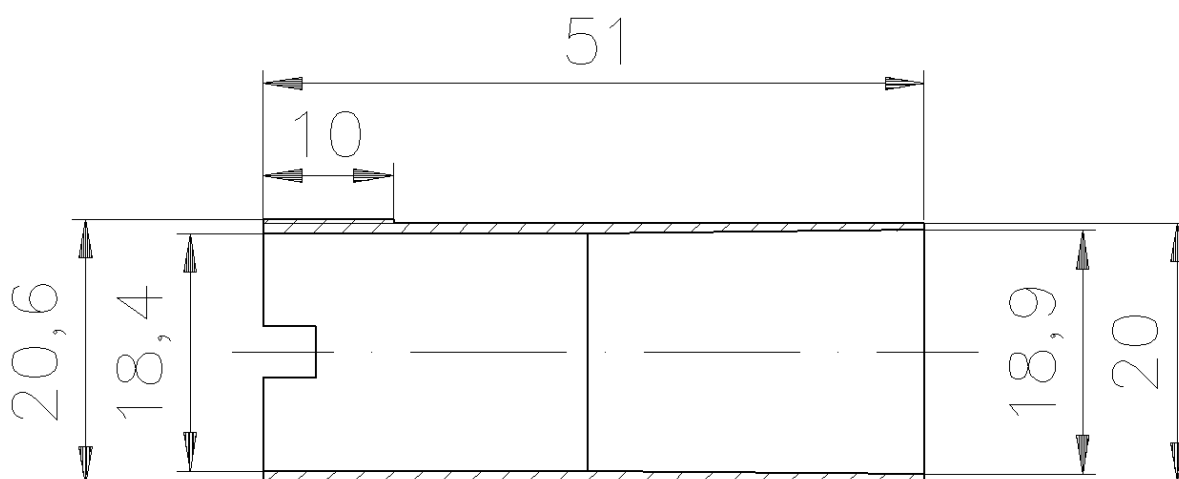
Ve výkresu hlavní je zobrazeno zahrdlení pevné. Vzhledem k velké toleranci vývrtu vodící části hlavně (0,7mm) je třeba dbát při výrobě zahrdlení na skutečnou velikost vývrtu. V opačném případě by mohlo v krajním případě dojít k situaci, kdy zahrdlení se jmenovitým průměrem bude ve skutečnosti mít zúžení až 1,2mm. Tato hodnota odpovídá u ráže 12 zesílenému plnému zahrdlení, což je v případě střelby velkými ocelovými broky nepřijatelné.

V případě použití výměnných zahrdlení není možné koordinovat skutečnou velikost zahrdlení se skutečnou velikostí vývrtu hlavně. Aby nedocházelo k náporu broků na vzniklé mezikruží na přechodu vývrtu a zahrdlení v případě mezní hodnoty vývrtu, má nejširší průměr přechodového kužele zahrdlení hodnotu  $\varnothing d_{pk}=18,9\text{mm}$ . Tato hodnota již zahrnuje krajní toleranci vývrtu, proto může v nejhorším případě nastat takový jev, že zahrdlení nebude mít předpokládaný vliv na střelbu. Hodnota se objevila u všech tří typů zahrdlení, která jsem měl možnost proměřit. Byla to zahrdlení závodu Iževskyj, španělská Zabala a výměnný čok zbraně Brno Competition. Vzhledem k tomu, že každý výrobce



zbraní vyrábí svoje čoky a má vlastní vnitropodnikové normy pro konstrukci spojovacích závitů, způsob vytahování, délky, materiály, rozměry a tolerance, není čeho se při novém návrhu držet. Zde by bylo záhodno zkatalogizovat různé typy zahrndlení s jejich vlastnostmi a na základě toho vytvořit přehled používaných konstrukcí.

Ohledně materiálu výměnných zahrndlení je dáno, že musí být tvrdší než samotné broky. Vzhledem k tomu, že se podle Českého úřadu pro zkoušení zbraní a střeliva [5] ocelovým brokům říká “ocelové” pouze zvykově, kdežto ve skutečnosti jsou vyrobeny z měkkého železa, neměl by tento požadavek dělat při konstrukci problém. Materiál čoku by také neměl mít vyšší tvrdost, nežli materiál hlavně, do které je zahrndlení vkládáno, kvůli otlakům v závitu vznikajícím působícími silami. Zároveň by doplnění materiálu do tloušťky stěny hlavně při ústí mělo splňovat pevnostní požadavky hlavně, takže by měl být pro navržené výměnné zahrndlení proveden samostatný pevnostní výpočet. Na obrázku 16 je návrh výměnného zahrndlení pro danou zbraň.



Obrázek 16 - Příklad návrhu výměnného zahrndlení

## 7. Závěr

Navržená zbraň je vhodná k univerzálnímu použití pro lov i sportovní střelbu. Rozměrově i konstrukčně odpovídá běžně prodávaným kusům, přičemž návrh rozměrů pažby je individuálně specifikován. Při návrhu jsem dbal na co nejjednodušší možnost údržby zbraně a na konstrukční řešení s minimálním možným počtem funkčních součástí s ohledem na nižší poruchovost sestavy. Vzhledem k faktu, že se jedná o ideový návrh, je ponechán prostor pro další úpravy a zlepšení v dalších konstrukčních a odlaďovacích postupech. Zároveň byl ponechán prostor pro marketingové rozdělení tříd jakosti vyráběných typů, protože je navržená konstrukce vhodná pro zdobení řezbami a rytinami. Při delším rozboru by bylo vhodné se blíže zaměřit na výměnná zahrndlení hlavní s důrazem

na jejich správný konstrukční návrh z hlediska materiálů a geometrie a na vliv technologie výroby na jejich funkci.

Práce se dá považovat za vzor postupu při počátečním návrhu zbraně s lůžkovým závěrem. Jsou zde uvedeny základní všeobecné informace týkající se problematiky zahrnutí a střeliva pro brokovnice, vzorce a postupy výpočtů při návrhu nové, nebo úpravě stávající zbraně a odkazy na dostupnou literaturu a informační portály zabývající se daným tématem. Postupně byly splněny všechny body zadání.

## 8. Použité zdroje

[1] FIŠER, Miloslav. *Konstrukce loveckých, sportovních a obranných zbraní*. Ostrava : VŠB - TU Ostrava, 2009. 144 s. ISBN 978-80-248-1021-8.

[2] MACKO, Martin. *Teorie a výpočty LSOZ*. Ostrava : VŠB - TU Ostrava, 2010. 102 s. ISBN 978-80-248-1255-7.

[3] PROCHÁZKA Stanislav a Miloslav FIŠER. *Projektování loveckých, sportovních a obranných zbraní*. Ostrava : VŠB - TU Ostrava, 2010. 142 s. ISBN 978-80-248-1430-8.

[4] BEER, Stanislav, Bohumil PLÍHAL, Roman VÍTEK a Luděk JEDLIČKA. *Vnitřní balistika loveckých, sportovních a obranných zbraní:(vnitřní balistika LSOZ)*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2006. 117 s. ISBN 978-80-248-1022-52007.

[5] Lovecké náboje s ocelovými broky. *Www.cuzzs.cz* [online]. 2012 [cit. 2012-05-24]. Dostupné z: <http://www.cuzzs.cz/index.php?topic=45>

[6] FIŠER, Miloslav. *Konstrukce hlavní malorážových zbraní*. Brno: VA Brno, 2002.

[7] Broková munice GB. *Www.hscz.cz* [online]. [cit. 2012-05-24]. Dostupné z: <http://www.hscz.cz/zbrane/GB/gb.htm>

[8] HARTINK, A. E. *Encyklopedie loveckých zbraní*. Dobřejovice : Rebo Production CZ, spol. s r.o., 2004. 320 s. ISBN 80-7234-167-7.

[9] Výroba brokových nábojů. *Myslivość* [online]. 2005, 10/2005, [cit. 2011-09-30]. Dostupný z WWW: <<http://www.myslivość.cz/Casopis-Myslivość/Myslivość/2005/Rijen---2005/Vyroba-brokovych-naboju.aspx?replyto=0>>.

[10] DOLÍNEK, Vladimír. *Militaria* [online]. 2006 [cit. 2011-10-03]. Trombóny. Dostupné z WWW: <<http://www.militaria.cz/archiv/391/clanky/391-06.html>>.

- [11] SABADKA, Dušan. LOVECKÁ KOZLICA BRNO SUPER. *Poľovnícke združenie Ivanka pri Nitre* [online]. 25.4.2007, 1, [cit. 2011-11-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.pzi.sk/view.php?cislocclanku=2007040054>>.
- [12] *Zbrojovka Holice : Výroba loveckých a sportovních zbraní* [online]. 2010 [cit. 2011-11-20]. Produkty. Dostupné z WWW: <<http://www.zbrojovkaholice.cz/produkty>>.
- [13] *Baikal Canada* [online]. 2011 [cit. 2011-12-05]. Shotguns. Dostupné z WWW: <[http://www.baikalcanada.com/shot\\_guns.htm](http://www.baikalcanada.com/shot_guns.htm)>.
- [14] *Ruce vzhůru* [online]. 11.5.2008 [cit. 2011-12-05]. Brněnské brokovnice řady ZP. Dostupné z WWW: <<http://www.rucevzhuru.cz/index.php/technika/22-brnenskebrokovniceradyzp.html>>.
- [15] *Browning* [online]. 2011 [cit. 2011-12-12]. Cynergy Feather. Dostupné z WWW: <<http://www.browning.com/products/catalog/firearms/detail.asp?fid=014B&cid=013&tid=293&bg=x>>.
- [16] FABIÁNEK, Rostislav. Pistole - Trombón. *ABC mladých techniků a přírodovědců*. 26.9.1986, 31, 2, s. 20-22.
- [17] *Krieghoff International Incorporated* [online]. 2011 [cit. 2011-12-13]. The Essencia - a Best quality game gun by Krieghoff. Dostupné z WWW: <[http://www.krieghoff.com/ki/index.php?option=com\\_content&view=article&id=83&Itemid=85](http://www.krieghoff.com/ki/index.php?option=com_content&view=article&id=83&Itemid=85)>.
- [18] *Www.zbraneostrava.cz* [online]. 2011 [cit. 2011-12-20]. ZBRANĚ / BROKOVNICE. Dostupné z WWW: <<http://www.zbraneostrava.cz/zbrane/eshop/1-1-ZBRANE/5-2-BROKOVNICE>>.
- [19] *Www.shotgunworld.com* [online]. 2011 [cit. 2011-12-20]. Dostupné z WWW: <<http://www.shotgunworld.com/>>.
- [20] Zahrdlení brokových hlavní. *Broková střelba* [online]. 2011 [cit. 2012-01-11]. Dostupné z: <http://www.oms-kh.cz/broky/choke.htm>
- [21] CHOKE - k čemu a jak. *MS Křiby* [online]. 2010 [cit. 2012-01-11]. Dostupné z: <http://www.mskriby.cz/news/choke-k-cemu-a-jak1/>
- [22] Brokovnice. *Www.myslivecky.cz* [online]. 21.10.2011 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://www.myslivecky.cz/lov-les/zbran/item/31-brokovnice.html?tmpl=component&print=1>
- [23] Nauka o zbraních. *Www.zbrankvalitne.cz* [online]. 23.10.2005 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://zbrankvalitne.cz/zbrojni-prukaz/nauka-o-zbranich>
- [24] ŠTĚPÁNEK, Zdeněk. Na vodní ptactvo bez olova. *Střelecká revue*. 2011(2).

[25] *Hambrusch hunting weapons* [online]. 2007 [cit. 2012-01-31]. Dostupné z: <http://www.ferlachguns.com/>

[26] ZATLOUKAL, M. *Analýza technologického postupu výroby pažeb dlouhých zbraní: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2010, 61 s. Vedoucí práce: prof. Ing. Miloslav Fišer, CSc.

[27] N 0204. *Podniková norma: Pevnostní výpočet hlavní civilních palných zbraní*. Uherský Brod: Česká Zbrojovka a.s., 1979.

[28] ČSN 39 5020. *Česká norma: Náboje a vývrty hlavní - rozměry, tlaky a energie*. Praha: Český normalizační institut, 1996.

[29] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008, 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.